

# Modulhandbuch

---

## Master

# Communications and Signal Processing

---

**Studienordnungsversion: 2008**

**gültig für das Wintersemester 2017/18**

Erstellt am: 01. November 2017  
aus der POS Datenbank der TU Ilmenau  
Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-8270

# Inhaltsverzeichnis

[illegible]

## Modul: Fundamentals

Modulnummer: 5830

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Im Modul Fundamentals wird den Studierenden zunächst eine gemeinsame Wissensbasis vermittelt. Die Studierenden verfügen über das nötige Fakten- und begriffliche Wissen, um Problemstellungen und Zusammenhänge moderner Kommunikationssysteme zu erkennen, zu bewerten und zu analysieren. During the module Fundamentals, the students reach a common knowlegde base. The students have the necessary fact- and conceptual skills to identify, evaluate, and solve problems and in modern communication systems. Further on the student get an insight in the interrelationships of modern communication systems across the different OSI layers.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss



## Communication Networks

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5834 Prüfungsnummer: 2100209

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jochen Seitz

Leistungspunkte: 8			Workload (h):240			Anteil Selbststudium (h):172			SWS:6.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2115																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	4	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Telecommunication is an integral part of today's life. People are used to communicate with any person they would like to by phone, e-mail, chat, or skype at any time at any place. Students in this lecture will learn the basic characteristics of different communication networks. In a bottom-up approach, starting from the physical medium going up to the application, they are introduced into the functionality of different communication layers and protocols and understand how these cooperate to achieve a communication service. Hence, they know different aspects of quality of service the users can expect from different protocols, and are able to specify protocols on their own based on the according protocol mechanisms. As the lecture deals with different networks (telephone network, Internet, mobile communication networks, broadband access networks), the students can characterize these networks and explain the differences.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluss

### Inhalt

1. Introduction: communication systems and networks
2. Fundamentals: communication service, communication protocol, quality of service, reference models
3. Protocol specification: finite state machine, message sequence chart
4. Transmission technique: physical signals, analog and digital signals, codes, multiplexing
5. Switching Technology: circuit switching (space division, time division), store and forward (message switching, packet switching [virtual connection, datagram])
6. Interconnection of networks: repeater, hub, bridge, switch, router, gateway
7. Digital Voice Communication [Integrated Services Digital Network ISDN]: reference model, signaling, protocols, subscriber installation, subscriber line, plesiochronous digital hierarchy, synchronous digital hierarchy
8. Global System for Mobile Communications (GSM)/ General Packet Radio Service (GPRS): reference model, channels at the air interface, signaling, circuit switching vs. packet switching, security
9. Universal Mobile Telecommunication System (UMTS): reference model, code division multiple access, migration to LTE
10. Connection-oriented Public Data Networks: reference models, X.25, Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode, virtual circuits and quality of service
11. The Internet: reference model, Internet Protocol (IP) in different versions, auxiliary protocols in network layer, routing in the Internet, Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP), Voice over IP (VoIP), Internet applications

### Medienformen

- Powerpoint slides (also available online)
- Writings on the board
- Exercises (presented by both students and lecturer)
- Intermediate bonus exams

### Literatur

- Flood, J.E. (1995). Telecommunications Switching, Traffic and Networks. New York; London; Toronto; Sydney; Tokyo; Singapore, Prentice Hall.
- Griffiths, J.M.; P. F. Adams (1998): ISDN Explained: Worldwide Network and Applications Technology. San

Francisco: Wiley & Sons.

- Halsall, F. (1996). Data Communications, Computer Networks, and Open Systems. Harlow, England; Reading, Massachusetts; Menlo Park, California, Addison-Wesley.
- Kaser, S. (2006): ATM Networks: Concepts and Protocols. New York: Irwin/Mcgraw Hill.
- Kurose, J. F. and K. W. Ross (2008). Computer Networking: A Top-Down Approach. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Pearson Education.
- Perlman, R. (1999): Interconnections: Bridges and Routers. Boston; San Francisco; New York: Addison Wesley, 2nd edition.
- Peterson, L. L. and B. S. Davie (2007). Computer Networks: A Systems Approach. San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers.
- Schiller, J. (2003): Mobile Communications, Harlow, England; Reading, Massachusetts; Menlo Park, California, Addison-Wesley, 2nd edition.
- Stallings, W. (2006). Data and Computer Communications. Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall.
- Tanenbaum, A. S. (2002). Computer Networks. Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Education.

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013  
Master Medientechnologie 2017

## Communications Engineering

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5835 Prüfungsnummer: 2100210

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 6			Workload (h):180			Anteil Selbststudium (h):135			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die wesentlichen Techniken der Nachrichtenübertragung und erlernen die wichtigsten Methoden für die Analyse und den Entwurf diskreter Datenübertragungssysteme. The students understand the fundamental techniques of data transmission and get to know the most important methods to design and analyze discrete data transmission systems.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluß

### Inhalt

- System theoretic basics
- Bandpass lowpass transformation for signals and systems
- Correlation functions of deterministic signals
- Correlation functions of stochastic signals
- Optimal filters
- Matched filter
- Wiener filter
- Signal space representation of waveforms
- The signal space as a generalized Euklidian vector space
- Gram-Schmidt procedure
- Discrete modulation and transmission in AWGN
- Antipodal transmission
- Optimal detection for M-ary modulation
- Bit error rate for M-ary modulation
- Bandpass modulation schemes
- Block transmission with Cyclic prefix
- Multipath radio channel
- Block transmission model
- OFDM

### Medienformen

Skript, Tafel, Beamer Script, projector

### Literatur

- Simon Haykin. Communication Systems. John Wiley and Sons, 2000
- Bernard Sklar. Digital Communications. Prentice Hall, 2001
- J. Proakis, Digital Communications. McGraw-Hill, 4th edition, 2001.
- J. Proakis and M. Salehi, Communication Systems Engineering. Prentice Hall, 2nd edition, 2002.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013



## Information Theory and Coding

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5832 Prüfungsnummer: 2100207

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):105			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2118																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The students understand the the basic concept of information, i.e., entropy, differential entropy, mutual information, channel capacity. The students are able to apply their knowledge to communication systems and they are able to evaluate the effectiveness of source- and channel coding schemes. Besides the knowledge of block codes and convolutional codes the students are also familiar with the principles of Turbo codes and LDPC codes.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluß Basic knowlege in statistics, stochastics

### Inhalt

#### Inhaltsverzeichnis

- Informationstheorie
- Übertragung codierter Signale über AWGN Kanäle
- Codierungsgewinn, Informationstheoretische Grenzen
- Shannon-Hartley Kanalcodierungs-Theorem
- Blockcodes und Faltungscodes
- Turbo-Codes
- LDPC-Codes

#### Table of contents

- Information theory
- Transmission of coded signals over AWGN channels
- Coding gain, information theoretic limits
- Shannon-Hartley channel coding theorem
- Blockcodes and convolutional codes
- Turbo-codes
- LDPC-codes

### Medienformen

Skript, Tafel

### Literatur

- John G. Proakis
- Thomas M. Cover, Joy A. Thomas, "Elements of Information Theory", Wiley series in telecommunications, Wiley & Sons, Inc., Canada, 1991

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Communications and Signal Processing 2013

## Microwave Engineering

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: English Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5833 Prüfungsnummer: 2100208

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Hein

Leistungspunkte: 4			Workload (h):120			Anteil Selbststudium (h):75			SWS:4.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2113																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The students analyse the basics of wave propagation, reflection and superposition of RF signals on transmission lines. They learn to design matching circuits based on lumped and distributed elements. The students are able to describe the operation of typical couplers and hybrids. They are able to choose optimal transmission line types and substrate materials. They know about the principles of RF measurement systems, e.g. the vector network analyser. The students will solve specific design and analysis Tasks in tutorial groups.

### Vorkenntnisse

Bachelor of Science in Electrical Engineering

### Inhalt

1. Waveguides, line propagation, reflections
2. Reflection coefficient, Smith diagram, scattering parameters
3. Special transmission lines
4. Couplers and hybrids
5. Microwave materials and line types
6. Impedance matching
7. Diode detectors, slotted line
8. Reflectometer, VSWR bridge, network analyzer
9. Multi-port measurements, mixed-mode S-parameters

### Medienformen

Blackboard, illustrations (projector), selected microwave components, work sheets (printable)

### Literatur

Chang Kai, "Handbook of microwave and optical components: Microwave passive and antenna components", vol. 1, Wiley, 1989  
Bhartia, Prakash ; Bahl, Inder Jit, "Millimeter wave engineering and applications", Wiley, 1984.  
Pozar, David M., "Microwave engineering", Wiley, 2005.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013

## Modul: Communications and Signal Processing 1

Modulnummer: 5836

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Im Modul Communications and Signal Processing 1 wird das verfahrensorientierte Wissen vertieft und im Rahmen eines Forschungsprojekts, sowie vorlesungsbegleitenden Hausaufgaben, angewandt. Die Studierenden sind fähig, ausgewählte Probleme z.B. im Bereich der Mobilkommunikation selbständig zu bearbeiten, sowie die Ergebnisse zu bewerten und darzustellen. Neben Fach- und Methodenkompetenz wird auch Sozialkompetenz vermittelt, indem die Studierenden Aufgabenstellungen in kleinen Gruppen bearbeiten.

Within the module Communications and Signal Processing 1 the procedure-oriented knowledge is deepened and applied in research projects as well as in homeworks. The students are able to deal with selected problems autonomously, e.g., in the field of mobile communications. They learn to interpret and to present their results. Next to professional competence and methodical competence also soft skills are imparted as the students also solve problems in teamwork.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss

## Advanced Networking

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 20 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5837

Prüfungsnummer: 2200234

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Andreas Mitschele-Thiel

Leistungspunkte: 6			Workload (h):180			Anteil Selbststudium (h):135			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung						Fachgebiet:2235																								
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Einführung in die mobile Datenkommunikation, insbesondere die Fragen die sich aus Protokollsicht und der Systemsicht aus der Mobilität und der drahtlosen Übertragung ergeben. The students get an introduction to mobile data communications and especially the challenges from a protocol- and system point of view, resulting from the mobility and the wireless transmission.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluß, Grundlagen Kommunikationsnetze Bachelor degree, basics of communication networks

### Inhalt

- Einführung zur Mobilkommunikation mit Schwerpunkten auf Protokollen und Systemen - Grundlagen drahtloser Übertragung - Zugriffsverfahren - Mobilitätsmanagement - Transport Protokolle - Dienstgütequalität - Sicherheit - Kommunikationssysteme (802.11, GSM/GPRS, UMTS) - Introduction to mobile communications with focus on protocols and systems - Basics of wireless transmission - Media access schemes - Mobility management - Transport protocols - Quality-of-Service - Security - Communication systems (802.11, GSM/GPRS, UMTS)

### Medienformen

Präsentationen Presentations

### Literatur

siehe Internetseite [www.tu-ilmenau.de/iks](http://www.tu-ilmenau.de/iks) see webpage [www.tu-ilmenau.de/ics](http://www.tu-ilmenau.de/ics)

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Communications and Signal Processing 2013

Master Ingenieurinformatik 2014

## Antenna Engineering

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: English Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5841 Prüfungsnummer: 2100213

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Hein

Leistungspunkte: 4			Workload (h):120			Anteil Selbststudium (h):86			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2113																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The students get an overview on the basics, applications, and trends in Kompetenzen the field of antenna engineering and its relation to communications and signal processing. The students get insight into theoretical foundations of antennas. They understand, describe, and apply antennas as wave transformers, microwave systems (including feed and beam forming networks), and systems for spatial signal processing. The students discuss and evaluate different types of elementary radiators, means to control and measure the radiation patterns, and approaches to employ antenna systems for signal processing (e.g., for MIMO applications). In the tutorials, selected examples are treated in detail.

The students will also have the opportunity to visit the anechoic chamber and perform, to some extent, own measurements.

### Vorkenntnisse

Bachelor of Science in Electrical Engineering and Information Technology, advanced knowledge of electromagnetic waves / microwave engineering.

### Inhalt

1. Mobile communications from an antenna's perspective: Propagation issues, air interface
2. Fundamentals of antenna engineering: Electrodynamical foundations, basic radiating elements, examples of practical radiating elements
3. Antenna arrays: Foundations of linear arrays, beam forming, spatial signal processing
4. Practical aspects of antenna engineering: Packaging and protection, design and numerical simulation, antenna measurements

### Medienformen

Development of contents using blackboard, supplementary illustrations using overhead transparencies (available in electronic form), electronic animations (where appropriate); problem solving for in-depth learning

### Literatur

S. Drabowitch, A. Papiernik, H. Griffiths, J. Encinas, B. L. Smith. Modern antennas. Chapman & Hill, 1998.  
C.A. Balanis. Antenna theory: analysis and design. Wiley, 1997.  
J.D. Kraus und R.J. Marhefka. Antennas for all applications. McGraw-Hill, 2002.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013

## Mobile Communications

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5840

Prüfungsnummer: 2100212

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 8			Workload (h):240			Anteil Selbststudium (h):184			SWS:5.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				3	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Vermittlung von vertiefenden Kenntnissen auf dem Gebiet der Mobilkommunikation. Sicherer Umgang mit Matlab zur Lösung komplexer Aufgaben.

The students get a deep insight into the physical layer aspects of mobile communication systems. The students know how to use modern engineering tools, such as, Matlab to solve challenging tasks.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluß Basics in stochastics and calculus

### Inhalt

- 1 Introduction
  - + Overview of mobile communication standards and applications (1G - 5G)
  - + 5G Vision and Requirements
  - + The Wireless Channel
  - Path loss
  - Shadowing
  - Fast fading
- 2 Mobile Communication Channels
  - + Review: Representation of Bandpass Signals and Systems
  - 2.1 Propagation Modelling
    - + Time variance (Doppler)
    - + Time-varying multipath channels
    - Transmission functions of the time-varying channel (1st set of Bello functions)
    - 4 ways to calculate the received signals
    - Identification of linear time-varying (LTV) systems
  - 2.2 Statistical Characterization of Multipath Channels
    - + Rayleigh channel (fading)
    - + Rician channel
    - + Channel Correlation Functions and Power Spectra of Fading Multipath Channels
    - Time-variations of the channel
    - Characterization of a WSSUS channel (2nd set of Bello functions)
  - 2.3 The effect of signal characteristics on the choice of a channel model
    - + Frequency non-selective channels
    - + Frequency selective channels
    - Truncated tapped delay line model of a frequency selective channel
  - 2.4 Space-Time Channel and Signal Models
    - + Generalization of the time-varying channel impulse response
    - First set of Bello functions extended to the spatial domain
    - Example: specular L paths model (continued)
    - + Homogeneous channels (WSSUS-HO model)
    - + Correlation functions and power spectra extended to the spatial domain
    - Second set of Bello functions extended to the spatial domain
    - Coherence time, coherence frequency, coherence distance
    - + Transmission functions extended to transmit and receive antenna arrays (MIMO)
    - Definition of the array manifold
    - + Notation for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels

- Example: L paths model (continued)
- + Classical IID Channel Model
- + Extended MIMO Channel Models
- Spatial fading correlation at the transmit and the receive arrays
- > Review of the eigenvalue decomposition (EVD)
- > General model
- > Kronecker model
- Additional Line-of-Sight (LOS) component
- + Sampled signal model for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- 3 Capacity of Space-Time Channels
- 3.1 Differential Entropy and Mutual Information for Continuous Ensembles (review)
- 3.2 Capacity Theorem for the AWGN SISO Case (review)
- 3.3 Capacity of the Flat Fading MIMO channel
- + Differential entropy for CSCG random vectors
- + Choosing  $R_{ss}$  (with and without CSI @ the transmitter)
- Singular Value Decomposition (SVD)
- Special case: uncorrelated Rayleigh fading and  $M_t$  very large
- + Parallel Spatial Sub-Channels
- Design of the precoder and the decoder for MIMO systems with CSI at the transmitter
- Optimum power allocation (waterpouring algorithm) with CSI at the transmitter
- + SIMO Channel Capacity
- + MISO Channel Capacity
- + Capacity of Random MIMO Channels
- Ergodic vs. non-ergodic channels
- Ergodic capacity
- > Examples, e.g., Rice, correlation
- Outage capacity
- 3.4 Capacity of the Frequency Selective MIMO channel
- + Space-Frequency Waterpouring
- 4 Transmission Techniques
- 4.1 Bit error probability
- + Binary signaling over Rayleigh fading channel
- 4.2 Diversity techniques for fading multipath channels
- + Frequency diversity
- + Time diversity
- + Space diversity
- + Post-processing techniques
- Selection combining, equal gain combining, maximum ratio combining, square-law combining
- 4.3 Approximation of the Probability of Symbol Error
- + Fading channel with D-fold diversity
- + Chernoff bound
- + Coding gain vs. diversity gain
- 5 Space-Time Processing
- 5.1 Receive antenna diversity (SIMO channel): MRC
- 5.2 Transmit antenna diversity
- + MISO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MISO channel known to the transmitter: MRT
- + MIMO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MIMO channel known to the transmitter: DET
- + Definition of the effective diversity order
- + Summary: Diversity of space-time-frequency selective channels
- 5.3 Space-Time Coding without channel state information (CSI) at the transmitter
- + Space-Time Coding for frequency flat channels
- + Space-Time codeword design criteria
- definition of the pairwise error probability (PEP)
- rank criterion
- determinant criterion
- + Orthogonal Space-Time Block Codes (OSTBCs)
- OSTBCs for real-valued constellations
- OSTBCs for complex-valued constellations
- + Spatial Multiplexing (SM) as a Space-Time Code
- + Encoder Structures for Spatial Multiplexing (SM)
- horizontal encoding
- vertical encoding
- diagonal encoding (D-BLAST transmission)
- 5.4 Gains achievable with smart antennas



- + Array Gain
- + Diversity Gain
- + Spatial Multiplexing Gain
- + Interference Reduction Gain
- frequency reuse and cluster sizes
- 5.5 Multi-User MIMO Systems
- + Block Diagonalization
- 5.6 Multiple access schemes
- + OFDM
- + Single carrier vs. OFDM vs. spread spectrum

## Medienformen

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

## Literatur

- A. Goldsmith, Wireless Communications. Cambridge University Press, 2005.
- C. E. Shannon, A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition, 2016.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning, 2006.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- A. Hottinen, O. Tirkkonen, and R. Wichman, Multi-antennas Transceiver Techniques for 3G and Beyond. Wiley, 2003.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- T. S. Rappaport, Wireless Communications. Prentice Hall, 1996.
- J. Proakis, Digital Communications. McGraw-Hill, 4th edition, 2001.
- G. L. Stüber, Mobile Communication. Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 2001.
- R. Steele and L. Hanzo, eds., Mobile Radio Communications. Wiley, 2nd edition, 1999.
- S. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems. Wiley, 1999.
- A. Graham, Kronecker Products and Matrix Calculus with Applications. Halsted Press, 1981.
- E. G. Larson, P. Stoica, and G. Ganesan, Space-Time Block Coding for Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. Bölcskei, D. Gesbert, C. B. Papadias, and A.-J. van der Veen, eds., Space-Time Wireless Systems From Array Processing to MIMO Communications. Cambridge University Press, 2006.
- E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, MIMO Wireless Communications. Cambridge University Press, 2007.
- C. Oestges and B. Clerckx, MIMO wireless communications. Academic Press, 1 ed., 2007.
- Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multi-user MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, pp. 461-471, Feb. 2004, received the 2009 Best Paper Award of the IEEE Signal Processing Society.
- Q. H. Spencer, C. B. Peel, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "An introduction to the multi-user MIMO downlink," IEEE Communications Magazine, pp. 60-67, Oct. 2004, special issue on MIMO Systems.

## Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Communications and Signal Processing 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Medientechnologie 2017

## Multimedia Standards

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5838 Prüfungsnummer: 2100211

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Karlheinz Brandenburg

Leistungspunkte: 3			Workload (h):90			Anteil Selbststudium (h):68			SWS:2.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2181																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	0	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Educational Objectives:

To understand the process of standardisation and how to read major standards for media formats.  
 In the end the students should be prepared both for participation in a standards committee and to implement a media format standard from the description in the standards document.

### Vorkenntnisse

Basic understanding of digital signal processing

### Inhalt

#### Selection of Topics:

Introduction to standardisation of multimedia content, i.e. mainly standardisation of speech, high quality audio, picture and video information including standards for metadata and systems aspect.

The lecture starts with examples from standardisation and continues with the process of standardisation of media formats mainly in ITU and ISO/IEC organisations.  
 The lecture series does contain information about all the major standards series in media and at least one more detailed example (including introduction to the technology and bit stream details) for each major area of media standards, i.e. speech, audio, pictures, video, systems, metadata.

### Medienformen

Power Point slides, Beamer

### Literatur

for details see:

<http://www.tu-ilmenau.de/mt/lehrveranstaltungen/master-mt/multimedia-standards/>

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
 Master Communications and Signal Processing 2013

## Research Project

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: ganztätig

Fachnummer: 5842 Prüfungsnummer: 2100214

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):116			SWS:3.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				0	3	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Rahmen der Forschungsprojekte arbeiten die Studenten an Forschungsthemen mit den betreuenden Professoren und deren Mitarbeitern eng zusammen. Besonderer Wert liegt auf der sorgfältigen Planung und Umsetzung in Teamarbeit. Eigenständige Literaturrecherche auf der Basis aktueller Veröffentlichungen und Vorträge zu den einzelnen Teilaspekten und Meilensteinen des Projektes sorgen für eine Verfeinerung der Präsentationstechniken der Teilnehmer. Eine Evaluierung und Dokumentation der Ergebnisse in der Art einer wissenschaftlichen Veröffentlichung schließen das Projekt ab.

Within the research projects the students work closely together with the guiding professors or assistants. The accurate planning and implementation of the team work aspect is of particular interest. Autonomous literature review based on current publications for the subtasks and a detailed milestone plan for the project improve the student skills to function in projects successfully. The students learn to present their research results to the auditorium. An evaluation and a documentation of the results like a scientific publication complete the project.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluss

### Inhalt

Abhängig von der Aufgabenstellung Depending on project topic

### Medienformen

Präsentation, Bericht Presentation, report

### Literatur

Abhängig von der Aufgabenstellung Depending on project topic

### Detaillangaben zum Abschluss

- alternative studienbegleitende Prüfungsleistung (Prüfungsanmeldung zu Beginn des Semesters), zusammengesetzt aus 50 Prozent Projektarbeit und 50 Prozent mündliche Präsentation (15 min.); werden insgesamt weniger als 50 Prozent erreicht, müssen alle Teilleistungen wiederholt werden
- alternative course-related examination (examination registration at the beginning of the semester), consisting of 50 per cent project work and 50 per cent oral presentation (15 minutes); with less than 50 per cent reached, all parts of the examination must be taken again

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013

## Modul: Communications and Signal Processing 2

Modulnummer: 5843

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Das Modul Communications and Signal Processing 2 enthält vertiefende Vorlesungen, begleitet von Hausaufgaben und einem Forschungsprojekt. Die Studierenden sind in der Lage, Lösungsansätze für bisher unbekannte Problemstellungen zu finden, Vor- und Nachteile abzuwägen, sowie die Ergebnisse anschaulich zu präsentieren.

Within the module Communications and Signal Processing 2 the students get more detailed knowledge, deepened by homework assignments and student projects. The students are able to identify methods of resolution for unknown problems, to balance the advantages and disadvantages, and to present their results.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss

## Adaptive and Array Signal Processing

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5848

Prüfungsnummer: 2100218

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 8			Workload (h):240			Anteil Selbststudium (h):184			SWS:5.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							3	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing are developed in class. The students understand the relationships between temporal and spatial filters, as well as the principle of high-resolution parameter estimation, and they are able to adapt their knowledge to other scientific disciplines. The students are able to develop or improve algorithms and to evaluate their performance in an analytical manner or by simulations. Furthermore, the students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing and they can use these concepts and results for their own research.

### Vorkenntnisse

Bachelor

### Inhalt

#### 1 Introduction

- Adaptive Filters
- Single channel adaptive equalization (temporal filter)
- Multi channel adaptive beamforming (spatial filter)

#### 2 Mathematical Background

##### 2.1 Calculus

- Gradients
- Differentiation with respect to a complex vector
- Quadratic optimization with linear constraints (method of Lagrangian multipliers)

##### 2.2 Stochastic processes

- Stationary processes
- Time averages
- Ergodic processes
- Correlation matrices

##### 2.3 Linear algebra

- Eigenvalue decomposition
- Eigenfilter
- Linear system of equations
- Four fundamental subspaces
- Singular value decomposition
- Generalized inverse of a matrix
- Projections
- Low rank modeling

#### 3 Adaptive Filters

##### 3.1 Linear Optimum Filtering (Wiener Filters)

- Principle of Orthogonality
- Wiener-Hopf equations
- Error-performance surface
- MMSE (minimum mean-squared error)
- Canonical form of the error-performance surface
- MMSE filtering in case of linear Models

##### 3.2 Linearly Constrained Minimum Variance Filter

- LCMV beamformer
  - Minimum Variance Distortionless Response (MVDR) spectrum: Capon's method
  - LCMV beamforming with multiple linear constraints
- 3.3 Generalized Sidelobe Canceler
- 3.4 Iterative Solution of the Normal Equations
- Steepest descent algorithm
  - Stability of the algorithm
  - Optimization of the step-size
- 3.5 Least Mean Square (LMS) Algorithm
- 3.6 Recursive Least Squares (RLS) Algorithm

#### 4 High-Resolution Parameter Estimation

- Data model (DOA estimation)
  - Eigendecomposition of the spatial correlation matrix at the receive array
  - Subspace estimates
  - Estimation of the model order
- 4.1 Spectral MUSIC
- DOA estimation
  - Example: uniform linear array (ULA)
  - Root-MUSIC for ULAs
  - Periodogram
  - MVDR spatial spectrum estimation (review)
- 4.2 Standard ESPRIT
- Selection matrices
  - Shift invariance property
- 4.3 Signal Reconstruction
- LS solution
  - MVDR / BLUE solution
  - Wiener solution (MMSE solution)
  - Antenna patterns
- 4.4 Spatial smoothing
- 4.5 Forward-backward averaging
- 4.6 Real-valued subspace estimation
- 4.7 1-D Unitary ESPRIT
- Reliability test
  - Applications in Audio Coding
- 4.8 Multidimensional Extensions
- 2-D MUSIC
  - 2-D Unitary ESPRIT
  - R-D Unitary ESPRIT
- 4.9 Multidimensional Real-Time Channel Sounding
- 4.10 Direction of Arrival Estimation with Hexagonal ESPAR Arrays

#### 5 Tensor-Based Signal Processing

- 5.1 Introduction and Motivation
- 5.2 Fundamental Concepts of Tensor Algebra
- 5.3 Elementary Tensor Decompositions
- Higher Order SVD (HOSVD)
  - CANDECOMP / PARAFAC (CP) Decomposition
- 5.4 Tensors in Selected Signal Processing Applications

#### 6 Maximum Likelihood Estimators

- 6.1 Maximum Likelihood Principle
- 6.2 The Fisher Information Matrix and the Cramer Rao Lower Bound (CRLB)
- Efficiency
  - CRLB for 1-D direction finding applications
  - Asymptotic CRLB

#### Medienformen

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

#### Literatur

- T. Kaiser, A. Bourdoux, H. Boche, Smart Antennas State of The Art. Hindawi Publishing Corporation, 2005.
- A. H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- T. K. Moon and W. C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing.

Prentice-Hall, 2000.

- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications.

Pearson Education, Inc., 2005.

- S. Haykin, Adaptive Filter Theory.

Prentice-Hall, 4th edition, 2002.

- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications.

Cambridge University Press, 2003.

- H. L. V. Trees, Optimum Array Processing.

John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2002.

- M. Haardt, Efficient One-, Two-, and Multidimensional High-Resolution Array Signal Processing.

Shaker Verlag GmbH, 1996, ISBN: 978-3-8265-2220-8.

- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications.

Thomson Brooks/Cole Cengage learning.

- G. Strang, Introduction to Linear Algebra.

Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition.

- L. L. Scharf, Statistical Signal Processing.

Addison-Wesley Publishing Co., 1991.

- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Estimation Theory.

Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1993.

- M. Haardt, M. Pesavento, F. Roemer, and M. N. El Korso, Subspace methods and exploitation of special array structures.

in Academic Press Library in Signal Processing: Volume 3 - Array and Statistical Signal Processing (A. M. Zoubir, M. Viberg, R. Chellappa, and S. Theodoridis, eds.), vol. 3, pp. 651 - 717, Elsevier Ltd., 2014, Chapter 15, ISBN 978-0-12-411597-2 ISBN: 978-3-8265-2220-8.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Communications and Signal Processing 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Medientechnologie 2017

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET



Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ	Art der Notengebung:	Gestufte Noten
Sprache:Englisch	Pflichtkennz.:Pflichtfach	Turnus:ganzjährig

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

[illegible]

Within the research projects the students work closely together with the guiding professors or assistants. The accurate planning and implementation of the team work aspect is of particular interest. Autonomous literature review based on current publications for the subtasks and a detailed milestone plan for the project improve the student skills to function in projects successfully. The students learn to present their research results to the auditorium. An evaluation and a documentation of the results like a scientific publication complete the project.

## Bachelor

Abhängig von der Aufgabenstellung.  
Depending on project topic.

Präsentation, Bericht.  
Presentation, report.

Abhängig von der Aufgabenstellung.  
Depending on project topic.

- alternative studienbegleitende Prüfungsleistung (Prüfungsanmeldung zu Beginn des Semesters), zusammengesetzt aus 50 Prozent Projektarbeit und 50 Prozent mündliche Präsentation (15 min.); werden insgesamt weniger als 50 Prozent erreicht, müssen alle Teilleistungen wiederholt werden
- alternative course-related examination (examination registration at the beginning of the semester), consisting of 50 per cent project work and 50 per cent oral presentation (15 minutes); with less than 50 per cent reached, all parts of the examination must be taken again

Seite 25 von 45



## Measurements in Communications

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Englisch      Pflichtkennz.: Pflichtfach      Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5847      Prüfungsnummer: 2100216

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Reiner Thomä

Leistungspunkte: 3			Workload (h):90			Anteil Selbststudium (h):68			SWS:2.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2112																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	0	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Vermittlung von vertiefenden Kenntnissen auf dem Gebiet Mobilfunkkanalmesstechnik, der zugehörigen Hardware sowie im Umgang bzw. der Anwendung von Messdaten zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Funksystemen. The students get a deeper insight in radio frequency measurements in theory and applications with a main focus on mobile communications.

### Vorkenntnisse

Bachelor

### Inhalt

Lecturers: Prof. Reiner Thomä / Dr. Jürgen Sachs

- Netzwerkanalysator: Messungen von geleiteten elektromagnetischen Wellen, s-Parameter, Wellentrennung, Fehlerkorrektur - Signalgeneratoren: Synthesizer und Modulatoren, Arbitrary Waveform Generatoren - Breitband Empfangstechniken: Down Converter Architekturen, Korrelatoren, Sampling Empfänger - Anwendungen: Phasenrauschen, Rauschzahl, Antennenmessungen, Charakterisierung nichtlinearer Verzerrungen, Modulationsanalyse - Messung und Simulation der Wellenausbreitung im Mobilfunk: Breitband, gerichtete Kanalmodelle, schnelles und langsames Fading, MIMO Kanalmessungen, Antennenarray Architekturen, Kalibrierung, hochauflösende Parameterschätzung, Parameteranalyse, Link- und Systemlevel Simulationen zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit, Echtzeitkanalsimulatoren  
- RF network analyzer: Measurement of guided electromagnetic waves, Scattering parameters, Wave separation, Error correction - Signal generators: Synthesizers and modulators, Arbitrary waveform generators - Broadband Receiver Techniques: Down converter architectures, Correlators, Sampling receivers - Applications: Phase noise, Noise figure, Antenna measurement, Nonlinear distortion characterization, Modulation analysis - Measurement and simulation of wave propagation in mobile radio: Broadband, directional channel models, Fast and slow fading, MIMO channel sounding, Antenna array architecture, Calibration, Supersolution parameter estimation, Analysis of descriptive parameters, Link- and system level simulation for performance evaluation, Real-time channel simulators

### Medienformen

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

### Literatur

- R. Pintelon, J. Schoukens. System Identifikation – A Frequency Domain Approach. IEEE Press, Piscataway, NJ, 2001 - R.S. Thomä, M. Landmann, A. Richter, U. Trautwein. Multidimensional High-Resolution Channel Sounding. in T. Kaiser et. al. (Ed.), Smart Antennas in Europe – State-of-the-Art, EURASIP Book Series on SP&C, Vol. 3, Hindawi Publishing Corporation, 2005

### Detaillangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013

## Network Security

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 20 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Pflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5645 Prüfungsnummer: 2200115

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Günter Schäfer

Leistungspunkte: 3			Workload (h):90			Anteil Selbststudium (h):68			SWS:2.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2253																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 0 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- **Fachkompetenz:** Die Studierenden verfügen über Kenntnisse und Überblickswissen zur Netzwerksicherung mittels kryptografischer Verfahren. Ihnen sind gebräuchliche Sicherheitsprotokolle, ihre Einordnung in das Schichtenmodell und ihre Eigenschaften bekannt. Sie sind darüberhinaus in der Lage Sicherheitseigenschaften weiterer Protokolle eigenständig zu analysieren.
- **Methodenkompetenz:** Die Studenten besitzen das erforderliche Überblickswissen zur Bewertung und Anwendung sicherer Netzwerklösungen in der Informationstechnologie.
- **Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundsätzliche Zusammenwirken der Komponenten von Sicherheitsarchitekturen der Netzwerkkommunikation.
- **Sozialkompetenz:** Die Studierenden besitzen die grundlegende Fähigkeit sich in die Perspektive eines Angreifers zu versetzen und aus diesem Blickwinkel heraus Schwachstellen in Protokollen und Systemen zu erkennen.

### Vorkenntnisse

Vorlesung „Telematik 1“

Der (ggf. gleichzeitige) Besuch der Vorlesung „Telematik 2“ wird empfohlen, ist jedoch keine notwendige Voraussetzung.

### Inhalt

1. Einleitung: Bedrohungen und Sicherheitsziele, Sicherheitsanalyse für Netze, Maßnahmen der Informationssicherheit, zentrale Begriffe der Kommunikationssicherheit
2. Grundbegriffe der Kryptologie: Überblick über kryptografische Verfahren; Angriffe auf kryptografische Verfahren; Eigenschaften und Klassifizierung von Chiffrieralgorithmen
3. Symmetrische kryptografische Verfahren: Betriebsarten von Blockchiffren; der Data Encryption Standard (DES); der Advanced Encryption Standard (AES); der RC4-Algorithmus, KASUMI
4. Asymmetrische kryptografische Verfahren: Grundidee asymmetrischer kryptografischer Verfahren; mathematische Grundlagen; der RSA-Algorithmus; das Diffie-Hellman-Schlüsselaustauschverfahren; Grundlagen der Kryptografie auf elliptischen Kurven
5. Kryptografische Prüfwerte: kryptografische Hashfunktionen, Message Authentication Codes; Message Digest 5 (MD5); Secure Hash Algorithm SHA-1; SHA-2; SHA-3, Authentisierte Verschlüsselung
6. Die Erzeugung sicherer Zufallszahlen: Zufallszahlen und Pseudozufallszahlen; die Erzeugung von Zufallszahlen; statistische Tests für Zufallszahlen; die Erzeugung kryptografisch sicherer Pseudozufallszahlen
7. Kryptografische Protokolle: Nachrichten- und Instanzenauthentisierung; Needham-Schroeder Protokoll; Otway-Rees Protokoll; Kerberos v4 & v5; X.509-Schlüsselzertifikate; X.509-Authentisierungsprotokolle; Formale Bewertung kryptografischer Protokolle
8. Sichere Gruppenkommunikation
9. Zugriffskontrolle: Begriffsdefinitionen und Konzepte; Security Labels; Kategorien von Zugriffskontrollmechanismen
10. Integration von Sicherheitsdiensten in Kommunikationsarchitekturen:
11. Sicherheitsprotokolle der Datensicherungsschicht: IEEE 802.1Q, 802.1X, 802.1AE; PPP; PPTP
12. Die IPsec-Sicherheitsarchitektur
13. Sicherheitsprotokolle der Transportschicht: Secure Socket Layer (SSL); Transport Layer Security (TLS); Secure Shell (SSH)
14. Sicherheitsaspekte der Mobilkommunikation
15. Sicherheit in drahtlosen lokalen Netzen: IEEE 802.11; IEEE 802.11 Task Group i;
16. Sicherheit in GSM- und UMTS-Netzen

## 17. Sicherheit mobiler Internetkommunikation: Mobile IP

### Medienformen

Vorlesung mit Tafel und Folien-Präsentationen, Arbeitsblätter. Lehrbuch

### Literatur

- G. Schäfer. Netzsicherheit - Algorithmische Grundlagen und Protokolle. dpunkt.verlag
- A. J. Menezes, P. C. Van Oorschot, S. A. Vanstone. Handbook of Applied Cryptography. CRC Press Series on Discrete Mathematics and Its Applications, CRC Press

### Detaillangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2010  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2008  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Ingenieurinformatik 2009  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Wirtschaftsinformatik 2009  
Master Wirtschaftsinformatik 2011  
Master Wirtschaftsinformatik 2013  
Master Wirtschaftsinformatik 2014  
Master Wirtschaftsinformatik 2015

## UMTS Networks

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5844

Prüfungsnummer: 2200235

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Andreas Mitschele-Thiel

Leistungspunkte: 6			Workload (h):180			Anteil Selbststudium (h):135			SWS:4.0																					
Fakultät für Informatik und Automatisierung									Fachgebiet:2235																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 2 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The students study the functionalities and structure of UMTS systems. The main focuses of the lecture are the network and protocol aspects of the system. Main topics of the lecture are the network architecture, network elements, protocols, and services in UMTS systems. The most important system functionalities which are considered are the mobility management, the radio resource allocation, the link and session management, QoS aspects, as well as authentication, authorisation, and accounting. To understand the development of UMTS also GSM and its data extension GPRS are treated as they are the fundamentals of UMTS. The course also introduces new developments as HSPA, LTE and SAE. Radio aspects are not a main topic of the lecture and are only mentioned, where they influence the functionality and structure of the UMTS Network.

### Vorkenntnisse

Communication protocols and networks, basics of mobile communications

### Inhalt

- Basics of mobile communications - GSM and GPRS - UMTS Architecture - Mobility management - Connection and session management - Wideband CDMA - Management of radio resources - UMTS radio access system - UMTS services - High-Speed Packet Access (HSPA) - Long-Term Evolution (LTE) - System Architecture Evolution (SAE) - Basics of mobile communications - GSM and GPRS - UMTS architecture - Mobility management - Link quality - Wideband CDMA - Radio resource management - UMTS radio access system - UMTS services

### Medienformen

Presentations with beamer, presentation slides

### Literatur

- Kaaranen, Ahtiainen, Laitinen, Naghian, Niemi. UMTS Networks – Architecture, Mobility and Services. Wiley, 2001 - Schiller. Mobile Communications (German and English). Addison-Wesley, 2000 - Holma, Toskala. WCDMA for UMTS. revised edition, Wiley, 2002

### Detaillangaben zum Abschluss

- The course consists of two parts: In the first part of the semester, lectures on the material are given. In the second part, individual studies (semester-long research projects that include a term paper and a presentation) help to improve understanding of the material.

- Grading scheme: 40% term paper plus presentation, 60% oral exam (20 min, registration at ICS office in Z1031).

- Binding registration for the exam (using Thoska or the registration form provided by the examination office IA) is required at the beginning of each semester (check the registration time window which is defined each semester) in order to participate in individual studies projects and the oral exam. As your course grade is a result of the individual studies and the oral exam, only formally registered students are eligible for participation in the individual studies and may receive credits for it.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013  
Master Informatik 2013  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Research in Computer & Systems Engineering 2009

## Modul: Non-technical Elective Courses

Modulnummer: 5839

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss:

### Lernergebnisse

Innerhalb dieses Modul wählen die Studierenden ein oder mehrere nicht-technische Fächer (mindestens 4 LP). Die Studenten erlangen z.B.:

- weiterführende theoretische, empirische und methodische Kenntnisse der Kommunikationswissenschaft mit einer interdisziplinären Ausrichtung
- eine internationale Sichtweise auf die Probleme und Perspektiven der medienvermittelten Kommunikation
- analytische, strategische und evaluative Fähigkeiten zur Konzeption und Gestaltung medienvermittelter Kommunikationsprozesse.

Within this module the students choose one or more non-technical courses (at least 4 LP). The courses provide, e.g.:

- analytical, evaluative and strategic abilities for employing communication science to investigate complex technical, economic and political questions
- an international perception of the problems and perspectives of media-based communications
- an extended theoretical and methodological knowledge of communication and media science within an interdisciplinary framework

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss



## Media, Communication and Economy

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 5666

Prüfungsnummer: 2400278

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Andreas Will

Leistungspunkte: 2			Workload (h):60			Anteil Selbststudium (h):38			SWS:2.0																					
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien									Fachgebiet:2556																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2 0 0																										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The aim of the course is to provide the students with a profound understanding of the interface of media, communication and economy. Students are supposed to learn about the economic aspects of the media (industry) as well as about the functions media fulfil in economy beyond the media branch. Besides applying this in-depth knowledge the participants of the course are to improve their analytical and problem solving skills on the fields of media management and management by media in order to understand and evaluate existing studies as well as to be able to design research agendas.

### Vorkenntnisse

Basic knowledge of media economics, media management, communication management

### Inhalt

The lecture analyses the interface of media, communication and economy and is divided into two main parts: The first part covers important aspects of media management and media economics and explores the interdependence of communicative and economic aspects of media. The second part of the lecture goes beyond the media industry and analyses the function media fulfil in the organizational communication management of enterprises (e.g. marketing, PR, innovation communication). The current state of research is discussed with respect to current trends in media and communication management.

### Medienformen

Presentation (powerpoint, pdf), other media

### Literatur

Albarran, A. & Chan-Olmstedt, S. (2006): Handbook of Media Management and Economics Doyle, G. (2002): Understanding Media Economics Greco, A. N. (2000): The Media and Entertainment Industries. Readings in Mass Communication Alexander, A. / Owers, J. & Carveth, R. (1993): Media Economics. Theory and Practice Journal of Media Economics The International Journal of Media Management New Media and Society

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Medientechnologie 2009

Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2010

## Media, Communication and Technology

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 5663

Prüfungsnummer: 2400281

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Wolfgang Schweiger

Leistungspunkte: 2			Workload (h):60			Anteil Selbststudium (h):38			SWS:2.0																					
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien									Fachgebiet:2555																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2 0 0																										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Students... - know the central research issues of communicating technology - can understand and critically evaluate theories and studies of the field - are able to conceptualize and conduct issue-specific studies can advice research & development organizations in communicating their issues more efficient and effective

### Vorkenntnisse

none

### Inhalt

The course will presumably cover and discuss the following issues. Section 1: Foundations and issues - "It's all technology!" - fields of technology and specific communication issues - "Producers, users, and intermediaries" - basic actors in technology communication Section 2: Personal and public perception of technology - "Smoking doesn't affect my life expectancy" - personal risk perception - "Technology and German Angst" - public opinion and technology Section 3: Diffusion and communication of innovations - "From mobile to iPhone" - media as innovations - "I saw it on TV" - media as diffusion channels - "Where's the VCR manual?" - technical communication Section 4: Journalism and communication of technology - "We need another story on dinosaurs" - public communication of science and technology: science journalism - "Emancipating and empowering patients" - health communication and public campaigns Section 5: Technology in organizational communication - "Frankly speaking" - risk and crisis in organizational communication - "Siemens will save the world" - communicating ecological and social issues: corporate social responsibility (CSR)

### Medienformen

Presentation, downloadable documents, discussion, role-playing, study groups

### Literatur

Will be provided in class

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Medientechnologie 2009

Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2010

## Organisational Communication and Public Relations

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: ganztätig

Fachnummer: 5668

Prüfungsnummer: 2400279

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jens Wolling

Leistungspunkte: 2			Workload (h):60			Anteil Selbststudium (h):38			SWS:2.0																					
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien									Fachgebiet:2551																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	0	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

This course provides the necessary background and basis to pursue further research in organisational communication and public relations. By the end of this course, students will be able to:

- Compare and contrast major theories of organisational communication and public relations.
- Define organisational/corporate culture, leadership, teamwork, and diversity, and discuss how they impact organisational/corporate communication.
- Identify effective means of communicating in/of global organisations/corporations.
- Critique an organisation's and/or corporate's communication system/structure, applying appropriate theories.

### Vorkenntnisse

General enrolment guidelines § 4 STO

### Inhalt

This course is an introduction to the field of organisational communication and public relations on an advanced level. It focuses on current trends and issues, major theories, and what types of research are done to study it.

### Medienformen

Presentations, slides, script

### Literatur

Will be provided in class.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2010

## Psychology of Technology

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 5665

Prüfungsnummer: 2400280

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Nicola Döring

Leistungspunkte: 2		Workload (h):60		Anteil Selbststudium (h):38		SWS:2.0															
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien						Fachgebiet:2554															
SWS nach Fach- semester	1.FS		2.FS		3.FS		4.FS		5.FS		6.FS		7.FS		8.FS		9.FS		10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
			2 0 0																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen die grundlegenden physikalischen Prinzipien insbesondere der statistischen Physik, Elektrodynamik und Quantenphysik, die in den vielfältigen Lebensprozessen auf molekularer, zellulärer und histologischer Ebene zum Tragen kommen. Sie können ausgewählte Beispiele von Biosystemen theoretisch modellieren und am Computer simulieren.

### Vorkenntnisse

Statistische Physik, Elektrodynamik, Quantenmechanik (BSc)

### Inhalt

Photosynthese: Anregungstransfer, Elektronentransfer, Protonentransport  
 Molekulare Motoren: Feynman-Smoluchowski Ratsche, Schaltbare Moleküle, ATP-synthase, Muskelaufbau und -funktionsweise  
 Bioelektrizität: Membranen und Ionenkanäle, Hodgkins-Huxley Model, FitzHugh-Nagumo Modell, Herzrhythmusstörungen  
 Ökologie: Räuber-Beute Modelle

### Medienformen

Tafel, Beamer, wissenschaftliche Artikel

### Literatur

E. Sackmann, R. Merkel: Lehrbuch der Biophysik, Wiley VCH 2010

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
 Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009  
 Master Medienwirtschaft 2009  
 Master Medienwirtschaft 2010



## Media, Communication and Politics

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: ganztätig

Fachnummer: 5670

Prüfungsnummer: 2400283

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jens Wolling

Leistungspunkte: 2		Workload (h):60			Anteil Selbststudium (h):38			SWS:2.0																								
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien								Fachgebiet:2551																								
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS				
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P		
							2 0 0																									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Students will - have an advanced understanding of the functions of media in politics and society, - be able to reflect interdependencies of media and society by use of relevant and up-to-date theories, - be able to apply empirical methods to specific problems of public and political communication, - be aware of actual trends and developments in the media, - be able to evaluate the relevance of their knowledge for political and media practice.

### Vorkenntnisse

Basic knowledge of the media's role in democratic societies

### Inhalt

The lecture will examine the relations between media, politics and civil society. Thus it focuses on the intersections of this specific parts of society: media and communication during election periods; public deliberation of political, social, environmental problems; political participation and communication of citizens; free access to information; the role of media for social integration; media regulation; trends in media content like "politarianism".

### Medienformen

PowerPoint presentations; downloadable material from the website

### Literatur

Comstock, G., & Scharrer, E. (Hrsg.) (2005): The Psychology of Media and Politics. Amsterdam, Boston, Heidelberg u.a.: Elsevier Academic Press. McNair, B. (1999): An Introduction to Political Communication (2 ed.). London, New York: Routledge. Perse, E. M. (2001): Media Effects and Society. Mahwah, NJ: Erlbaum.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Medientechnologie 2009

Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2009

Master Medienwirtschaft 2010

## Methods in Empirical Communication Research

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5672

Prüfungsnummer: 2400284

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jens Wolling

Leistungspunkte: 4			Workload (h):120			Anteil Selbststudium (h):75			SWS:4.0																					
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien									Fachgebiet:2551																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2 2 0																							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Students will be - familiar with the implementation of complex research designs, - able to understand and apply different methods of multivariate analysis of quantitative data to answer their research questions, - able to interpret and explain the results of advanced statistical analyses.

### Vorkenntnisse

Basic knowledge in social science research methods and statistics (basic graduate level)

### Inhalt

The first part of the lecture deals with complex research designs, including the implementation of qualitative research methods. The seminar and the second part of the lecture will focus on theory and techniques of multivariate analysis of quantitative data (Regression Analysis, Analysis of Variance, Factor Analysis etc.). While the lecture gives an overview over the principles and statistical basics of the analysis, in the seminar these techniques are applied to specific research problems using real research data.

### Medienformen

PowerPoint presentations; downloadable material from the website

### Literatur

Berger, Arthur A. (2000): Media and Communication Research Methods: An Introduction to Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks, Calif. et.al.: Sage Publ. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2005): Using Multivariate Statistics (4 ed.). Boston, Mass. u.a.: Allyn and Bacon.

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008

Master Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009





## Modul: Master-Arbeit mit Kolloquium

Modulnummer: 5850

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden vertiefen in einem speziellen fachlichen Thema ihre bisher erworbenen Kompetenzen. Sie werden befähigt, eine komplexe und konkrete Problemstellung zu beurteilen und unter Anwendung der bisher erworbenen Theorie- und Methodenkompetenzen selbstständig zu bearbeiten. Das Thema ist gemäß wissenschaftlicher Standards zu dokumentieren und die Studierenden werden befähigt, entsprechende wissenschaftlich fundierte Texte zu verfassen. Die Studierenden erwerben Problemlösungskompetenz und lernen es, die eigene Arbeit zu bewerten und einzuordnen. With the Master's thesis the students show and improve their ability to - work on scientific problems autonomously - function in teams (with advisors) - apply knowledge from lectures to new tasks - schedule larger projects - to present and defend their research results

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache:keine Angabe      Pflichtkennz.:Pflichtfach      Turnus:ganzjährig

Prüfungsnummer:99002

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5			Workload (h):150			Anteil Selbststudium (h):150			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
										150 h																				

Die Studierenden beherrschen die ergebnisorientierte Darstellung von Forschungsergebnissen in zeitlich komprimierter Form für ein Fachpublikum

## Bachelorabschluss

Erstellung der Ergebnispräsentation  
Öffentliche Aussprache

Powerpoint-Präsentation oder Gleichwertiges; falls möglich praktische Ergebnisdemonstration

gemäß Aufgabenstellung

## Detailangaben zum Abschluss

Master Communications and Signal Processing 2008  
Master Communications and Signal Processing 2013

## Masterarbeit

Fachabschluss: Masterarbeit schriftlich 6 Monate Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache:keine Angabe Pflichtkennz.:Pflichtfach Turnus:ganzjährig

Fachnummer: 8451 Prüfungsnummer:99001

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 25			Workload (h):750			Anteil Selbststudium (h):750			SWS:0.0																					
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik									Fachgebiet:2111																					
SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
										750 h																				

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden. werden befähigt, eine komplexe Aufgabenstellung zu beurteilen und unter Anwendung der bisher erworbenen Theorie- und Methodenkompetenzen selbstständig zu bearbeiten. Damit vertiefen sie in einem speziellen fachlichen Thema ihre bisher erworbenen Kompetenzen.  
 Dieses Thema ist gemäß wissenschaftlicher Standards zu dokumentieren und die Studierenden werden befähigt, entsprechende wissenschaftlich fundierte Texte zu verfassen. Die Studierenden erwerben Problemlösungskompetenz und lernen es, die eigene Arbeit zu bewerten und einzuordnen.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluss

### Inhalt

Selbstständige Bearbeitung eines fachspezifischen Themas unter Anleitung, Konzeption eines Arbeitsplanes, Einarbeitung in die Literatur, Erarbeitung der notwendigen wissenschaftlichen Methoden, Durchführung und Auswertung, Diskussion der Ergebnisse, Erstellung der Masterarbeit

### Medienformen

Schriftliche Arbeit einschließlich elektronisches Dokument

### Literatur

gemäß Aufgabenstellung

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
 Master Communications and Signal Processing 2013



## **Glossar und Abkürzungsverzeichnis:**

LP	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
FS	Fachsemester
V S P	Angabe verteilt auf Vorlesungen, Seminare, Praktika
N.N.	Nomen nominandum, Platzhalter für eine noch unbekannte Person (wikipedia)
Objekttypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung, Lehrveranstaltung, Unit)